

волга – *Filipendula* Mill / Е. Ю. Камелин // Флора Восточной Европы. Т. 10. Покрыто-семенные, Двудольные. – СПб.: Мир и семья, 2001. – С. 314–317.

11. Кудряшова, М. Ю. Фармакогностическое исследование *Filipendula ulmaria* Maxim / М. Ю. Кудряшова // М-лы Всерос. 67-й студенческой науч. конф. им. Н. И. Пирогова. – Томск, 2008. – С. 320–322.

12. Системная фитотерапия: учеб. пособие для студентов вузов / Под ред. В. С. Кисличенко, А. В. Зайченко, И. А. Журавель. – Харьков : НФаУ: Золотые страницы, 2008. – 256 с.

13. Большой энциклопедический словарь лекарственных растений: учебное пособие / под ред. Г. П. Яковлева. – 3-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2015. – С. 298.

14. Власов, А. М. Разработка методов анализа индикаторных компонентов в фиточаях и биологически активных добавках на их основе: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. – 2006. – С. 11–13.

15. Краснов, Е. А. Химический состав растений рода *Filipendula* / Е. А. Краснов, Е. Ю. Авдеева // Химия растительного сырья. 2012. – № 4. – С. 5–12.

16. Государственная фармакопея Республики Беларусь. (ГФ РБ II): разработана на основе Европейской фармакопеи. В 2 т. Т. 1 Общие методы контроля лекарственных средств / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А. А. Шерякова. – Молодечно: Тип. «Победа», 2012. – 413 с.

Адрес для корреспонденции:

210023, Республика Беларусь,

г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,

УО «Витебский государственный

ордена Дружбы народов

медицинский университет»,

кафедра фармакогнозии с курсом ФПК и ПК,

тел. 8 0212 64 81 78,

Вернигорова М. Н.

Поступила 02.10.2018 г.

Н. А. Кузьмичева, Д. А. Капустина

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТЬЕВ И ПОБЕГОВ
ИВЫ ПУРПУРНОЙ (*SALIX PURPUREA* L. s.l.)**

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет

В статье описаны результаты изучения морфологических признаков листьев и побегов ивы пурпурной из 54 естественных популяций, которые расположены на территории с координатами от 21 до 44 градусов восточной долготы и от 42 до 57 градусов северной широты. Морфологические признаки ивы пурпурной в разных частях ареала достоверно различаются. Самые длинные и толстые побеги у растений из Закарпатской области, для них же характерны самые длинные листья и междоузлия. Самые короткие побеги и маленькие листья у растений из Крыма. Наиболее благоприятными условиями для роста ивы пурпурной следует считать пойменные местообитания с достаточно высокой проточностью увлажнения почвы, расположенные в местности с высотой над уровнем моря не более 300 м. В горах и в местообитаниях с застойной увлажненностью скоррелированность морфологических признаков ивы пурпурной увеличивается, при этом значение коэффициента детерминации изменяется в среднем от 0,1–0,2 в оптимальных местообитаниях до 0,4–0,6 в экстремальных, что свидетельствует об увеличении адаптационной нагрузки на популяции и появлении признаков группового стресса.

Ключевые слова: ива пурпурная, *Salix purpurea* L., морфологические признаки, изменчивость, адаптация, высота над уровнем моря.

ВВЕДЕНИЕ

Ива пурпурная (*Salix purpurea* L. s.l.) широко распространена в лесной и степной

зонах Европы, образует сплошные заросли в поймах рек [1]. Кора ивы является фармакопейным лекарственным растительным сырьем [2], применяется в качестве проти-

воспалительного, жаропонижающего и анальгетического средства. При этом у коры ивы нет побочных эффектов, имеющих у химически синтезированного производного салициловой кислоты (аспирина), таких как локальные поражения слизистой оболочки желудка или снижение агрегации тромбоцитов [3, 4].

Заготовка коры приводит к значительному повреждению природных популяций ивы, поэтому актуальной задачей является изучение других альтернативных источников лекарственного растительного сырья ивы, при заготовке которого численность популяций ивы не будет сокращаться. В первую очередь должны быть изучены листья, химический состав которых представляет интерес для медицины. В них, как и в коре, содержатся фенольные гликозиды (салицин, саликортин, грандидентатин, тремулоидин, триандрин, вималин, салидрозид, популин и др.), а также флавоны (лютеолин и его гликозиды), флавонолы (кверцетин, кверцимеритрин), флаваноны (эриодиктиол, глюкозиды нарингенина) и ауруны (ауреузин) [3, 5]. Между размерными параметрами растений и содержанием в них веществ вторичного синтеза существуют корреляции [6, 7], поэтому их изучение может служить основой для прогноза нахождения местообитаний ивы пурпурной, где накопление действующих веществ максимально.

Ива пурпурная – полиморфный вид, относящийся к секции *Helix* семейства *Salicaceae*, являющейся, по мнению А.К. Скворцова, наиболее сложной с таксономической точки зрения секцией ив [8]. Объем входящих в нее видов понимается современными исследователями по-разному. Одни считают, что на европейской части бывшего Советского Союза естественно произрастают три вида этой секции: *Salix purpurea* L. (s.s.), *S. Vinogradovii* A.Skv. и *S. elbursensis* Boiss. [5, 8, 9].

Ареал *Salix purpurea* L. (s.s.) охватывает Северную Африку и умеренные районы Европы: на территории бывшего СССР в Литве, Латвии, Калининградской области России, в западной части Беларуси, на западной Украине (особенно часто в Карпатах), в Молдове и горных районах Крыма. Произрастает по берегам водоёмов, канав, на сырых лугах, песках, среди кустарников [8]. Исследования, проведенные в 80-х годах прошлого века И. Ф. Мазаном, по-

зволили установить область сплошного распространения этого вида в Республике Беларусь: она охватывала поймы рек бассейнов Немана и Муховца. По пойменным террасам Западной Двины и Березины данный вид доходил соответственно до устья реки Дисны и города Березино [9]. В настоящее время в связи с повышением средней температуры зимних месяцев граница распространения ивы пурпурной сместилась на северо-восток приблизительно на 100 км. Сейчас этот вид встречается практически по всей территории РБ, в том числе и в окрестностях г. Витебска и в пойме р. Днепр, что подтверждено гербарными сборами автора 2002–2018 гг.

Ареал *Salix Vinogradovii* A.Skv. включает лесостепную и степную зоны Украины и России, а *Salix elbursensis* Boiss. произрастает на Кавказе [8]. Другие авторы, однако, не признают их таксономическую обособленность и считают принадлежащими к виду *Salix purpurea* (s.l.) [3, 10, 11]. Именно такое понимание объема вида нам показалось более соответствующим целям фармакогнозии и поэтому в наших исследованиях участвовали гербарные образцы из степной зоны Украины и с Кавказа.

Морфологические признаки ивы пурпурной изменяются в широких пределах, поэтому их изучение на гербарных образцах, собранных в разных местонахождениях, представляет интерес как с таксономической точки зрения, так и для выявления условий местообитаний, наиболее благоприятных для произрастания.

Цель настоящей работы – изучение изменчивости и коррелированности морфологических параметров листьев и побегов ивы пурпурной в разных условиях произрастания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучали гербарные образцы ивы пурпурной, собранные Н. А. Кузьмичевой совместно с сотрудниками Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси в экспедициях 1988–1989 гг. и 2002 г. в естественных условиях на территории современной Украины, Литвы, Республики Беларусь и европейской части Российской Федерации. Дополнительно в 2017–2018 гг. были заготовлены гербарные образцы ивы пурпурной в г. Сочи и в Южной Осетии.

Заготовку проводили в конце вегетационного периода (август – начало октября) от неповрежденных экземпляров ивы пурпурной. Отбирали нормально развитые побеги в средней части кроны на высоте около 1,5 м над уровнем земли.

Всего было изучено 443 образца из 54 природных популяций (рисунок 1, см. обложку журнала, таблица 1). Географические координаты и высоту над уровнем моря местонахождений определяли, используя общедоступную информацию [12].

Таблица 1. – Географическая характеристика местонахождений ивы пурпурной

№ популяций	Местонахождение популяций ивы пурпурной	Широта, град. с. ш.	Долгота, град. в. д.	Высота над уровнем моря, м
1	2	3	4	5
1	Беларусь, Витебская обл., Верхнедвинский р-н, д. Устье, р. Сарьянка при впадении в р. Западная Двина	55,83	27,88	100
2	Беларусь, Витебская обл., пос. Руба	55,30	30,30	204
3	Беларусь, Минская обл., Вилейский р-н, д. Камено, р. Дрозды	54,58	27,48	183
4	Беларусь, Витебская обл., г. Орша, р. Днепр	54,54	30,46	192
5	Беларусь, Минская обл., Молодечненский р-н, д. Удранка, р. Удра	54,18	27,26	196
6	Беларусь, Минская обл., Воложинский р-н, д. Белокорец	54,02	26,51	203
7	Беларусь, Гродненский р-н, остров Сыча на р. Неман	53,88	23,76	85
8	Беларусь, Гродненский р-н, д. Плосковцы, р. Неман	53,84	23,82	90
9	Беларусь, Гродненский р-н, д. Гожа, песчаный карьер	53,82	23,85	105
10	Беларусь, г. Гродно, микрорайон Грандичи, р. Неман	53,73	23,78	95
11	Беларусь, Гродненская обл., Мостовский р-н, аг. Пески	53,37	24,63	118
12	Латвия, г. Вентспилс, р. Вента	57,33	21,57	5
13	Латвия, г. Кулдига, р. Вента	56,95	22,02	50
14	Латвия, г. Карсава	56,79	27,72	98
15	Латвия, г. Лиепая	56,48	21,00	14
16	Латвия, Салдусский край, село Эзере	56,39	22,36	50
17	Литва, г. Укмерге, р. Швянтойи	55,22	24,72	64
18	Литва, г. Юрбаркас	55,08	22,80	29
19	Литва, Каунасский уезд, Йонавский р-н	54,99	24,13	60
20	Литва, Вильнюсский уезд	54,74	24,99	112
21	Россия, Калининградская обл., г. Советск	55,11	21,83	14
22	Россия, Калининградская обл., г. Полесск	54,87	21,13	3
23	Россия, Калининградская обл., г. Гусев, р. Писса	54,59	22,24	45
24	Россия, Орловская обл, Кромской р-н, пос. Шахово, р. Ока	52,74	35,87	170
25	Россия, г. Курск, р. Сейм	51,68	35,99	250
26	Украина, Ровненская обл., г. Дубровица, р. Горынь	51,60	26,60	135
27	Украина, Ровненская обл., г. Сарны, р. Случь	51,30	26,64	143
28	Украина, Ровненская обл., г. Сарны	51,29	26,63	155
29	Украина, Волынская обл., г. Ковель	51,19	24,78	172
30	Украина, Черниговская обл., Козелецкий р-н, г. Остер	50,92	30,85	111
31	Украина, Киевская обл., г. Борисполь	50,29	31,00	145
32	Украина, Харьковская обл., г. Чугуев	49,86	36,65	96
33	Украина, Черкасская обл., Каневский р-н, р. Росава	49,72	31,26	82
34	Украина, Львовская обл., д. Спас, р. Ясеница	49,40	22,97	214
35	Украина, г. Винница, р. Южный Буг	49,28	28,47	248
36	Украина, г. Ивано-Франковск	48,90	24,64	244
37	Украина, Закарпатская обл., г. Ужгород, р. Уж	48,64	22,34	224
38	Украина, Ивано-Франковская обл, Коломыйский р-н, д. Спас	48,47	25,00	300
39	Украина, Ивано-Франковская обл., г. Снятын, р. Прут	48,42	25,61	190

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5
40	Украина, Днепропетровская обл., Васильковский р-н, д. Великоалександровка, р. Волчья	48,36	35,90	54
41	Украина, Черновицкая обл., Кицманский р-н, р. Прут	48,35	25,79	160
42	Украина, Закарпатская обл., г. Хуст, р. Тиса	48,14	23,33	164
43	Украина Закарпатская обл., г. Рахов, р. Черная Тиса	48,08	24,25	650
44	Украина, Закарпатская обл., г. Рахов, р. Тиса	48,05	24,20	430
45	Украина, Закарпатская обл., село Нижняя Апша, р. Апшица	48,00	23,82	250
46	Украина, Николаевская обл., г. Вознесенск, р. Южный Буг	47,54	31,39	6
47	Украина, Одесская обл., Беляевский р-н, село Маяки	46,41	30,25	2
48	Крым, Белогорский р-н, село Ароматное, р. Бурульча	45,06	34,41	318
49	Крым, Белогорский р-н, д. Зуя	45,06	34,32	257
50	Крым, Бахчисарайский р-н, село Вилино, р. Альма	44,84	33,67	37
51	Южная Осетия, Дзауский р-н, источник Багиата	42,46	44,07	1370
52	Россия, Краснодарский край, г. Сочи	43,57	39,74	28
53	Южная Осетия, Цхинвальский р-н, село Ванати	42,28	44,05	1128
54	Южная Осетия, Цхинвальский р-н, р. Малая Лиакхва	42,29	44,08	1047

Географические координаты изученных местообитаний находились в пределах от 42,28 до 57,33 градуса северной широты и от 21,00 до 44,08 градуса восточной долготы. Высота над уровнем моря варьировала от 2 до 1370 м.

Макроскопический анализ проводили по фармакопейным методикам [2]. Измеряли в миллиметрах следующие показатели: длина побега текущего года, толщина побега в его основании, длина листа, длина черешка, ширина листа, длина междоузлия. Для измерения использовали не менее 6 побегов из каждой популяции и от 60 до 100 листьев. Всего изучено 443 побега и более 4 тысяч листьев.

Полученные данные обрабатывали общепринятыми статистическими методами с помощью программы Excel. Рассчитывали средние значения и стандартные отклонения от них ($\bar{X} \pm s_x$), коэффициент вариации C_v в %. Группировали популяции по территориальному признаку, рассчитывали достоверность различий между ними по каждому из морфологических признаков с использованием однофакторного дисперсионного анализа и F-критерия Фишера. Определяли коэффициенты корреляции морфологических признаков друг с другом в каждой популяции. Достоверность их оценивали по t-критерию Стьюдента [13]. Сравнивали корреляционные матрицы морфологических признаков ивы пурпурной отдельно по уровню и структуре связей. Для оценки уровня связей рассчитывали коэффициенты детерминации морфологических признаков по каж-

дой популяции R^2_m и их среднее значение по каждому признаку R^2_{ch} . Группировали признаки по особенностям общей и согласованной изменчивости. Структуру связей оценивали графически путем построения «сечений корреляционного цилиндра» для каждой популяции и по коэффициенту корреляции между z-преобразованными матрицами [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Листья ивы пурпурной простые, черешковые, имеют обратно-ланцетную форму. Поверхность листа гладкая, без волосков. Жилкование перисто-сетчатое. Края листа мелкопильчатые. Цвет листьев, в отличие от других видов ив, зеленовато-голубовато-сизый или сизо-зеленый, значительно реже – зеленый. При длительной сушке листья легко чернеют. Без запаха. Средние значения морфологических параметров листа и побега, а также коэффициенты вариации и детерминации отдельных признаков представлены в таблице 2.

Размеры листьев варьируют в широких пределах: длина листа от 20 до 81 мм, ширина листа от 4,5 до 19 мм. Еще шире пределы изменчивости таких показателей, как длина черешка и толщина побега (от 1 до 8 мм и от 0,8 до 5,0 мм соответственно). Но самыми вариабельными признаками у ивы пурпурной являются длина побега и длина междоузлия (63–805 мм и 2–38 мм соответственно). Коэффициент вариации C_v при этом у большинства признаков изменяется от 24% до 41%, что укладывается

в интервал нормальной изменчивости для морфологических признаков растений (до 44%) [13], и лишь для длины побега превышает его (49,9%). Изменчивость последнего признака должна быть оценена как значительная.

Для дальнейшего изучения изменчивости морфологических признаков ивы пурпурной с помощью однофакторного дисперсионного анализа популяции группировали по территориальному и таксономическому признаку (виды в объеме *sensu strictum*) на 5 групп. В первую вошли популяции из степной зоны Украины и Российской Федерации (*Salix Vinogradovii*); во вторую – все популяции из Латвии, Литвы, Республики Беларусь и Калининградской

области России (*Salix purpurea* s.s.). Третью и четвертую группу составили соответственно популяции из Крыма и Закарпатья (*Salix purpurea* s.s.), пятую – популяции из Закавказья (*Salix elbursensis*). Растения из г. Сочи значительно отличаются по своим морфологическим показателям от растений из Южной Осетии (таблица 2), поэтому они не включены в пятую группу, но из-за малочисленности образцов не выделены в отдельную группу. Результаты представлены в таблице 3. Кроме изученных непосредственно признаков, был добавлен один производный – отношение длины листа к его ширине (среднее значение по всем популяциям 4,78; коэффициент вариации 23,4%; коэффициент детерминации 0,17).

Таблица 2. – Морфологические показатели листа и побега ивы пурпурной ($\bar{X} \pm s_x$), их коэффициенты вариации C_v и коэффициенты детерминации R^2_{ch}

№* популяций	Длина побега, мм	Толщина побега, мм	Длина листа, мм	Длина черешка, мм	Ширина листа, мм	Длина междоузлия, мм
1	2	3	4	5	6	7
1	132,1±7,0	1,7±1,4	40,4±2,9	2,9±0,3	11,2±0,9	10,6±1,3
2	295,4±20,0	2,2±0,1	49,6±2,0	3,1±0,3	11,5±0,7	18,3±1,7
3	278,0±16,2	1,6±0,2	41,9±3,0	3,7±0,4	10,3±0,8	10,4±0,7
4	209,8±25,4	1,4±0,1	50,7±2,2	3,9±0,3	11,9±0,7	12,8±0,8
5	206,4±22,5	1,5±0,1	46,4±0,9	3,7±0,1	12,2±1,0	16,4±3,3
6	204,6±16,0	1,5±0,2	41,4±1,2	3,6±0,3	9,9±0,5	10,0±0,7
7	232,4±14,4	1,7±0,2	48,7±4,7	4,6±0,4	11,7±0,7	14,3±0,8
8	287,0±14,4	1,5±0,1	50,6±3,3	3,5±0,1	11,4±1,2	14,3±1,3
9	290,8±21,1	1,3±0,1	46,5±3,2	4,5±0,8	11,4±1,1	12,7±1,2
10	196,2±26,5	1,5±0,1	44,9±2,6	3,4±0,2	11,3±0,6	14,3±2,1
11	254,2±14,5	1,3±0,1	44,9±1,7	3,5±0,1	9,1±0,4	11,6±1,5
12	201,9±30,3	2,2±0,1	47,0±1,7	3,6±0,2	9,0±0,5	14,1±2,3
13	433,6±24,6	2,7±0,1	59,4±1,5	5,2±0,4	12,3±0,7	16,2±0,9
14	206,5±25,7	2,0±0,2	41,6±2,1	3,0±0,3	9,7±0,4	16,3±2,2
15	215,9±12,5	1,8±0,1	38,4±1,3	2,7±0,2	10,1±0,3	14,7±1,4
16	237,7±20,1	2,1±0,1	46,6±3,1	4,6±0,7	11,9±0,5	22,0±1,7
17	209,6±23,7	2,1±0,1	39,4±1,9	3,2±0,4	8,5±0,5	14,6±1,3
18	159,9±13,9	1,9±0,1	40,5±2,2	2,7±0,2	8,4±0,6	9,9±0,5
19	221,2±11,0	2,3±0,3	45,5±1,3	4,0±0,4	10,9±0,6	20,0±3,9
20	140,4±7,1	1,7±0,1	41,4±1,5	3,1±0,2	9,9±0,5	11,6±0,3
21	293,9±26,0	2,4±0,1	43,9±2,2	3,9±0,3	10,0±0,5	18,3±2,3
22	236,7±10,7	2,1±0,1	48,3±2,3	4,8±0,5	11,2±0,9	15,0±1,1
23	293,5±36,1	2,5±0,2	54,3±2,2	5,9±0,3	11,7±0,7	14,8±0,9
24	116,4±14,9	1,7±0,1	30,3±0,8	3,1±0,3	7,8±0,2	11,3±1,4
25	222,1±17,1	2,4±0,1	48,2±1,6	4,8±0,4	12,1±0,3	17,4±1,6
26	306,3±30,6	2,7±0,2	55,6±2,0	4,4±0,4	12,6±1,0	16,3±2,5
27	316,8±15,7	2,8±0,1	56,0±1,2	4,3±0,2	12,2±0,4	21,0±1,5
28	95,6±20,4	2,0±0,3	42,0±1,8	3,2±0,3	9,8±0,5	14,4±1,2
29	131,4±1,6	1,0±0,1	25,1±1,2	1,7±0,1	5,8±0,2	4,2±0,4
30	246,3±9,3	2,1±0,1	55,0±0,4	3,0±0,4	11,0±0,4	20,3±2,1

Продолжение таблицы 2.

31	213,8±11,8	2,0±0,1	49,0±1,2	4,5±0,3	10,3±0,3	16,7±1,0
32	110,3±14,1	1,0±0,1	38,7±2,7	1,4±0,2	10,1±0,5	14,0±1,3
33	254,0±17,0	2,5±0,2	39,8±0,9	3,1±0,6	7,2±1,3	12,0±2,0
34	346,3±17,7	2,7±0,1	60,2±3,0	4,0±0,4	10,7±0,7	18,5±1,8
35	209,4±17,7	2,1±0,1	43,5±3,5	4,0±0,3	8,5±0,7	18,8±2,3
36	326,0±15,3	2,4±0,1	68,3±2,3	4,1±0,3	11,1±0,5	22,2±1,3
37	731,7±32,5	3,7±0,2	65,3±3,1	4,3±0,3	11,5±0,9	31,0±3,5
38	358,2±24,8	2,4±0,2	55,3±3,3	4,9±0,8	9,4±0,6	16,9±1,0
39	439,2±31,5	2,9±0,2	65,0±2,5	5,6±0,4	10,8±0,6	19,9±1,4
40	271,6±9,8	2,0±0,1	46,8±1,4	4,7±0,2	10,3±0,4	15,2±0,8
41	330,8±10,1	2,1±0,1	59,7±2,2	4,6±0,5	12,1±0,7	17,6±1,8
42	200,3±26,9	2,0±0,1	42,6±2,4	3,6±0,4	8,3±0,5	16,8±1,4
43	288,0±26,5	2,1±0,2	55,0±2,7	2,1±0,3	10,3±0,3	16,3±2,5
44	640,2±47,5	3,6±0,3	58,2±3,3	3,7±0,4	8,2±0,7	27,3±3,1
45	320,3±14,9	2,3±0,1	52,6±2,3	3,2±0,3	9,4±0,2	12,4±0,8
46	249,0±12,0	2,1±0,1	47,7±1,5	3,4±0,2	9,8±0,5	14,0±0,6
47	316,2±47,5	2,2±0,3	47,8±1,2	4,6±0,4	10,4±1,1	16,0±1,9
48	205,0±14,4	2,2±0,1	36,4±1,6	2,7±0,2	8,1±0,4	9,5±1,1
49	247,0±10,6	2,4±0,2	43,0±1,8	2,9±0,3	11,1±0,7	15,7±1,8
50	98,5±14,0	2,1±0,2	32,1±1,6	2,8±0,2	7,0±0,4	8,3±0,5
51	388,0±51,1	3,3±0,2	74,8±10,4	3,9±0,2	18,1±0,9	19,4±4,2
52	142,4±9,2	1,0±0,1	33,4±1,1	1,9±0,1	5,3±0,3	15,2±1,4
53	340,0±6,2	2,7±0,1	52,4±3,8	4,6±0,2	11,6±0,6	14,5±1,3
54	280,0±10,2	2,1±0,1	45,6±2,4	3,0±0,4	11,1±0,7	11,4±0,5
$\bar{X} \pm x$	257,9±20,5	2,1±0,1	47,5±1,5	3,7±0,2	10,2±0,3	15,5±0,8
$C_v, \%$	49,9	30,7	24,1	36,1	24,7	40,7
R^2_{ch}	0,41	0,35	0,48	0,28	0,21	0,34

Примечание: * местонахождение популяций указано в таблице 1.

Таблица 3. – Сравнительная характеристика морфологических признаков *Salix purpurea* s.l. из разных частей ареала ($\bar{X} \pm x$, мм), $F_{кр}$ ($p < 0,05$) = 2,39

№	Признаки	Украина и Россия n = 169	Прибалтика и Беларусь n = 180	Крым n = 34	Карпаты n = 37	Кавказ n = 19	$F_{выч}$
		<i>Salix Vinogradovii</i>	<i>Salix purpurea</i> s.s.			<i>Salix elbursensis</i>	
1	Длина побега	257,2±8,6	233,1±6,5	173,5±13,4	438,6±38,3	338,8±18,3	31,93
2	Толщина побега	2,14±0,05	1,91±0,04	2,21±0,08	2,78±0,15	2,72±0,12	22,56
3	Длина междоузлия	16,2±0,4	14,6±0,4	10,8±0,8	20,6±1,6	15,6±1,3	13,38
4	Длина листа	49,6±1,0	45,4±0,6	36,6±1,2	54,2±1,8	58,0±3,8	21,07
5	Ширина листа	10,1±0,2	10,5±0,2	8,5±0,4	9,3±0,3	14,0±0,7	19,22
6	Длина черешка	4,0±0,1	3,7±0,1	2,8±0,1	3,5±0,2	4,2±0,2	7,14
7	Отношение длины листа к его ширине	4,99±0,09	4,44±0,06	4,40±0,12	5,98±0,23	4,18±0,17	22,17

Характеристики ивы пурпурной из разных частей ареала достоверно различаются ($F_{выч} > F_{кр}$). Самые длинные и толстые

побеги у растений из Закарпатской области, для них же характерны самые длинные междоузлия. Довольно близки к ним

по этим показателям гербарные образцы из Южной Осетии. Самые короткие побеги у растений из Крыма, самые тонкие – из Беларуси. Длина междоузлий и размеры листьев у крымских особей также значительно меньше средних значений по ареалу. Самые длинные листья характерны для растений из горных районов Кавказа и Карпат, но они резко различаются по отношению длины листа к ширине: у закарпатских растений этот показатель значительно выше, чем у всех остальных, то есть их листья относительно самые узкие.

Более наглядно эти различия можно увидеть на морфограммах (рисунок 2), где высота столбика пропорциональна нормированному отклонению значения признака в группе от средней по ареалу, выраженному в процентах. Номера признаков соответствуют указанным в таблице 3.

Наиболее близки к средним значениям по виду (s.l.) морфологические показатели растений популяций из степной зоны России и Украины (группа 1), отклонения по всем признакам не более 4%. Таким образом, *Salix Vinogradovii* и *Salix purpurea* s.s. очень сходны по размерам побега и листа. Характеристики растений из Прибалтики и Беларуси (группа 2) также близки к средним значениям морфологических признаков (отклонения не более 12%), отличаясь от группы 1 практически зеркально. Растения ивы пурпурной из Крыма и Кавказа по признакам листа и побега отличаются от средних значений более существенно: отклонения достигают 30%, причем по большинству признаков взаимно противоположным образом (рисунок 2). Самые большие отклонения от средних значений обнаружены у растений из Закарпатья: длина побега превышает среднее значение на 72%.

Коэффициент детерминации для изученных признаков достаточно высок и изменяется в пределах 0,21–0,48. Нами был построен график расположения признаков в координатах этих двух показателей (вариативности и детерминированности) (рисунок 3), по которому можно оценить роль в изменчивости морфологических признаков генетической и экологической составляющей, разделив условно на четыре группы по классификации Н.С. Ростовской [14].

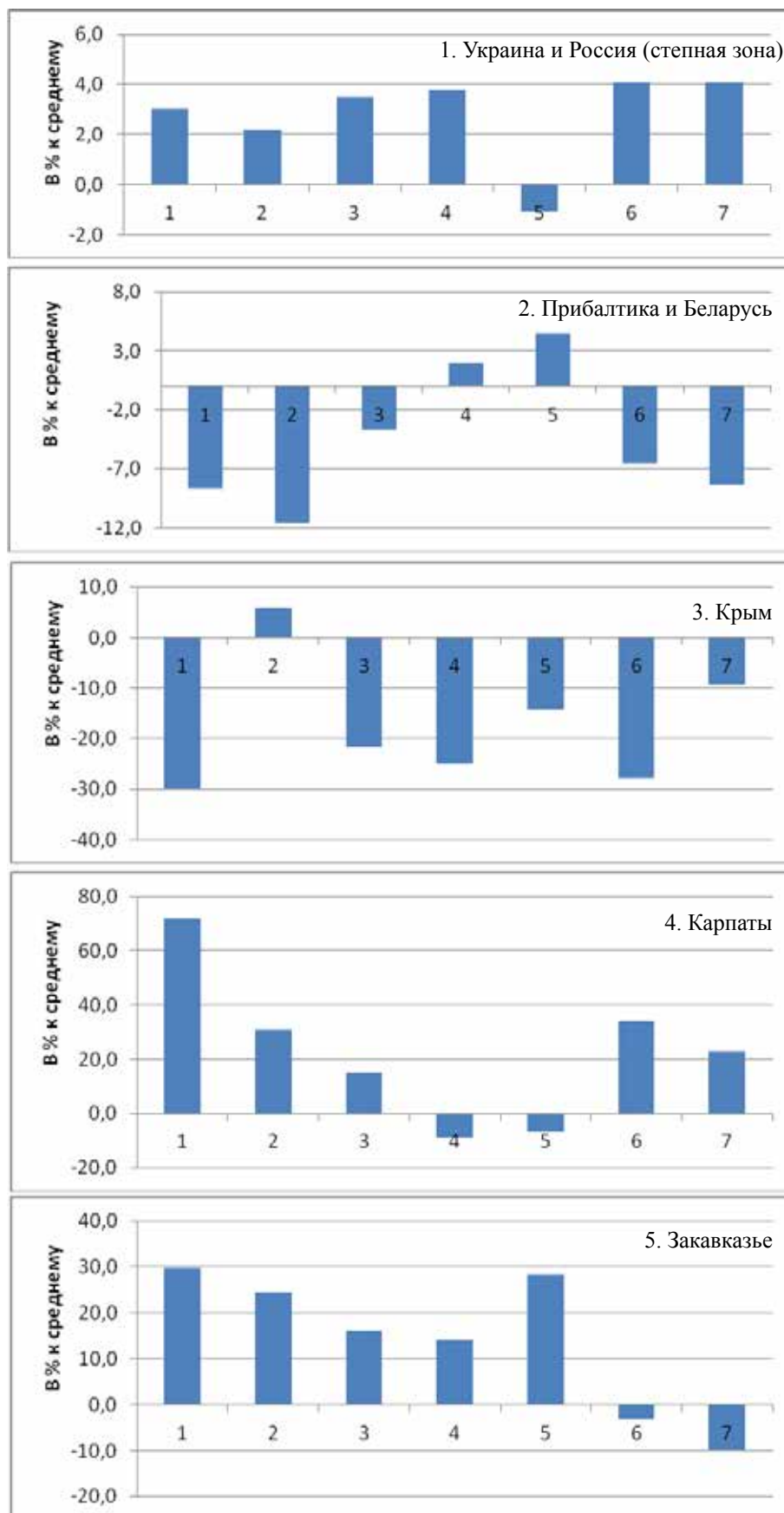
Четыре признака отнесены к I группе

эколого-биологических индикаторов, имеющих самые большие значения как коэффициента вариации, так и коэффициента детерминации, и характеризующих системную адаптивную изменчивость организмов. Во II группу биологических индикаторов включена длина междоузлия; она отличается высокой детерминированностью при относительно небольшой вариативности и является ключевым признаком, изменения которого отражает общее состояние системы.

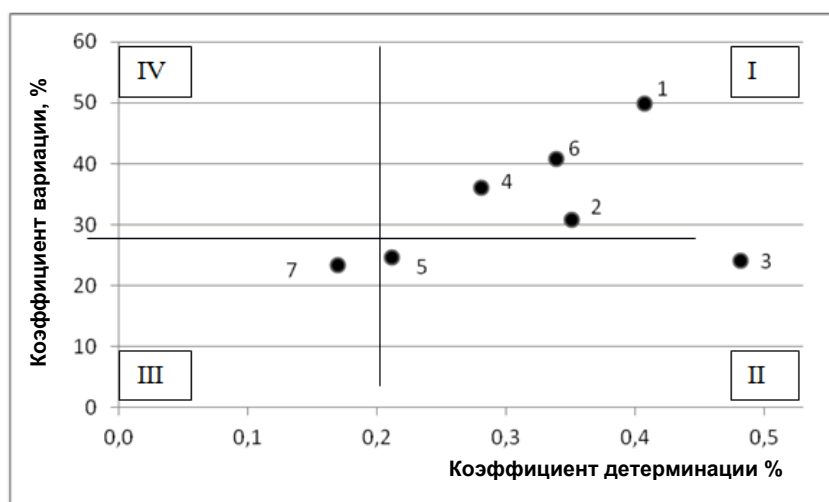
III группа таксономических индикаторов представлена шириной листа и отношением длины к ширине листа. Эти признаки у ивы пурпурной наименее вариативны и наименее связаны с другими, таким образом, они имеют значение прежде всего в идентификации вида среди других видов рода *Salix* [15]. Признаков, относящихся к IV группе экологических индикаторов, наиболее зависимых от условий окружающей среды и наименее скоррелированных с остальными признаками, среди изученных нами не оказалось. Таким образом, большинство изученных признаков являются чувствительными к изменениям среды и отражают согласованную изменчивость организмов в неоднородной среде, поэтому они являются самыми полезными для изучения системных адаптивных реакций.

Наибольшую информацию о степени адаптированности популяции к экстремальным или просто изменившимся условиям несут корреляции между признаками отдельных организмов. В типичной ситуации при увеличении адаптационной нагрузки уровень корреляций повышается, а в случае успешной адаптации – снижается. То есть при увеличении адаптационного напряжения растения становятся более одинаковыми, но не по значению параметров, а по однотипности связей между ними [14, 16].

Для выяснения условий произрастания, благоприятных и экстремальных для вида *Salix purpurea*, были рассчитаны коэффициенты корреляции между морфологическими признаками растений каждой из 54 популяций в отдельности, а также среднее значение их абсолютных величин. Из-за значительного объема полученных данных в таблице 4 приведены корреляционные матрицы на примере 5 популяций.



1 – длина побега; 2 – толщина побега; 3 – длина листа; 4 – длина черешка;
 5 – ширина листа; 6 – длина междоузлия; 7 – отношение длины листа к его ширине.
 Рисунок 2. – Морфограммы признаков листа и побега ивы пурпурной



1 – длина побега; 2 – толщина побега; 3 – длина междоузлия; 4 – длина листа;
5 – ширина листа; 6 – длина черешка; 7 – отношение длины листа к его ширине.

Рисунок 3. – Группировка признаков по особенностям изменчивости

Таблица 4. – Коэффициенты корреляции морфологических признаков листа и побега ивы пурпурной в некоторых популяциях ивы пурпурной

	Длина побега	Толщина побега	Длина листа	Длина черешка	Ширина листа	Длина междоузлия
1	2	3	4	5	6	7
Популяция №46 ($R^2_m = 0,08$)						
Длина побега	1					
Толщина побега	0,08	1				
Длина листа	0,51	-0,15	1			
Длина черешка	-0,02	0,32	0,01	1		
Ширина листа	-0,45	0,02	0,04	0,31	1	
Длина междоузлия	0,01	-0,31	-0,16	-0,04	-0,62	1
Популяция №1 ($R^2_m = 0,18$)						
Длина побега	1					
Толщина побега	0,18	1				
Длина листа	0,18	0,56	1			
Длина черешка	0,52	0,22	0,32	1		
Ширина листа	0,04	0,78	0,84	0,2	1	
Длина междоузлия	-0,42	0,01	0,5	-0,09	0,32	1
Популяция №48 ($R^2_m = 0,31$)						
Длина побега	1					
Толщина побега	-0,19	1				
Длина листа	0,63	-0,05	1			
Длина черешка	0,86	-0,26	0,69	1		
Ширина листа	0,31	-0,19	0,72	0,23	1	
Длина междоузлия	0,82	-0,41	0,76	0,7	0,59	1
Популяция №28 ($R^2_m = 0,45$)						
Длина побега	1					
Толщина побега	0,9	1				
Длина листа	0,91	0,8	1			
Длина черешка	0,41	0,54	0,7	1		
Ширина листа	0,67	0,37	0,56	-0,12	1	
Длина междоузлия	0,82	0,76	0,77	0,34	0,79	1

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7
Популяция №51 ($R^2_m = 0,59$)						
Длина побега	1					
Толщина побега	0,88	1				
Длина листа	0,90	0,60	1			
Длина черешка	0,40	-0,02	0,71	1		
Ширина листа	0,92	0,72	0,93	0,68	1	
Длина междоузлия	0,99	0,86	0,92	0,41	0,92	1

Коэффициенты корреляции между морфологическими признаками изменялись в очень широких пределах – от 0,01 до 0,99 и принимали как положительные, так и отрицательные значения. Средние значения абсолютных величин для отдельных популяций варьировали от 0,20 до 0,65. Для наглядности различий в скоррелированности признаков в разных популяциях были построены так называемые «сечения корреляционного цилиндра»: графики, на которых толщина линии, соединяющей два признака, пропорциональна величине коэффициента корреляции между ними (рисунки 4 и 5).

Наименьшая корреляция между морфологическими признаками листа и побега ивы пурпурной отмечена в популяциях № 46 и 40 ($R^2_m = 0,08$ и $0,09$ соответственно). Они расположены на высоте менее 60 м над уровнем моря в поймах медленно текущих рек на отложениях с мелким аллювием, климатические условия характеризуются довольно высокой теплообеспеченностью (среднегодовая температура $9,0-9,4^\circ\text{C}$) и относительно небольшим количеством осадков (около 500 мм). Именно эти экологические условия следует считать оптимальными для роста ивы пурпурной.

Корреляцию признаков с коэффициентом детерминации $R^2_m = 0,10-0,30$ показали 40 популяций, то есть подавляющее большинство из изученных нами. Объединяет все эти популяции то, что расположены они на равнинной местности в проточно-увлажненных местообитаниях, как правило, в пойме рек или ручьев, на хорошо дренируемой почве.

Увеличение застойности увлажнения почвы (во внепойменных местообитаниях) приводят к росту значений коэффициентов корреляций между морфологическими признаками. Это хорошо можно проил-

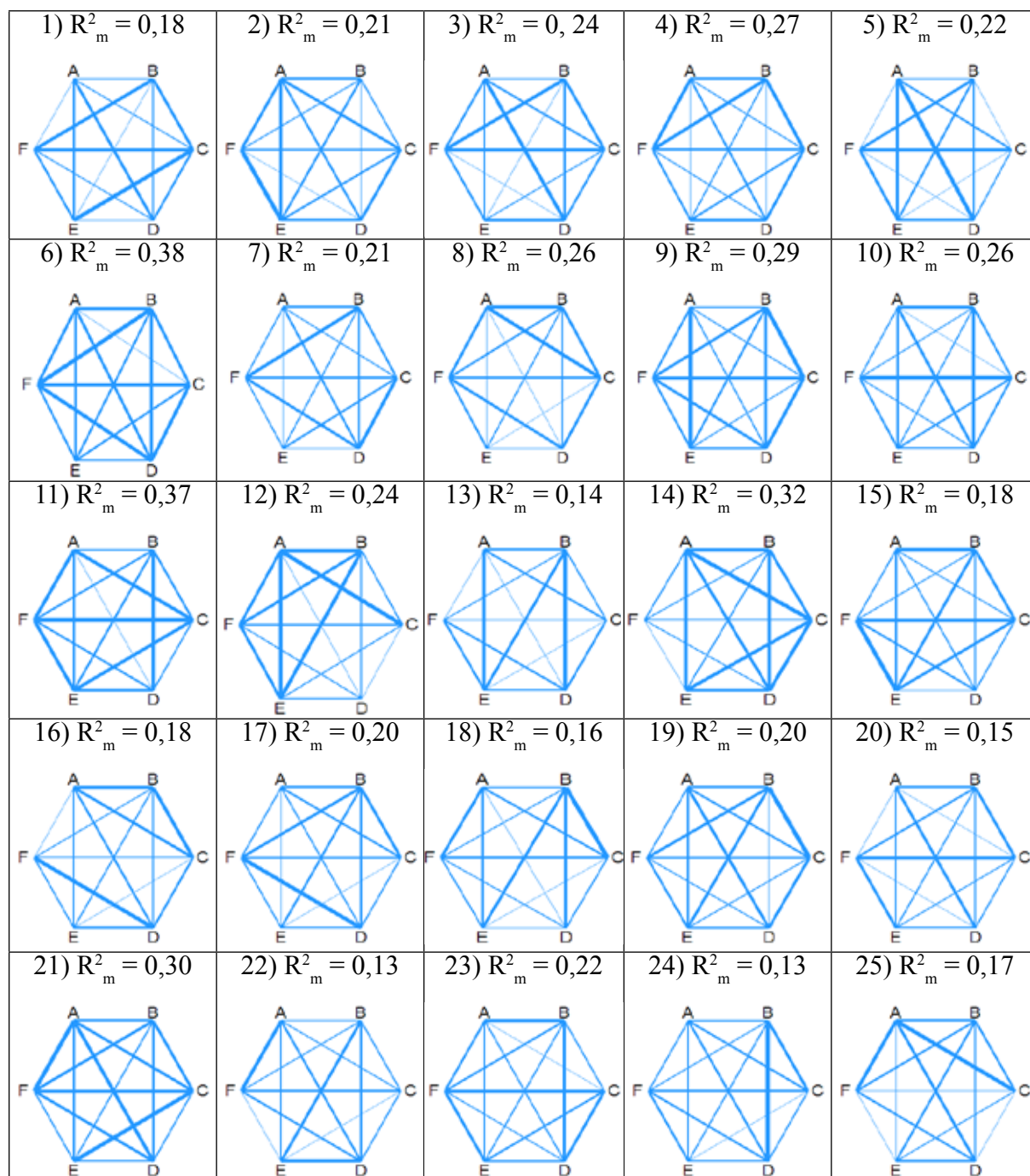
люстрировать на примере двух популяций ивы пурпурной из окрестностей г. Сарны Ровненской области: популяция № 27 расположена в пойме р. Случь, а популяция № 28 в застойно-увлажненном местообитании. Климатические условия здесь примерно одинаковы, при этом коэффициент детерминации отличается значительно ($R^2_m = 0,10$ и $0,45$ соответственно). Еще один пример – популяции № 10 и № 11 из окрестностей г. Гродно. Коэффициент детерминации для популяции, расположенной в пойме р. Неман, равен 0,26; для внепойменной – 0,37.

Повышение уровня расположения популяции (при перемещении на возвышенности) также способствует повышению степени скоррелированности морфологических признаков ивы пурпурной. Так, при сравнении Крымских популяций № 48 (высота над уровнем моря 318 м) и № 50 (высота 37 м) очевидно значительное увеличение адаптационной нагрузки в популяции из горной местности ($R^2_m = 0,31$ и $0,18$ соответственно). Аналогично можно сравнить популяции, расположенные в Карпатах: № 43 на высоте 650 м ($R^2_m = 0,51$) и № 42 (высота над уровнем моря 164 м, $R^2_m = 0,16$), а также на Кавказе: № 51, 53 и 54 (высота над уровнем моря 1370 м, 1128 м и 1047 м соответственно, $R^2_m = 0,59$; $0,55$ и $0,32$ соответственно).

Различия между группами популяций, выделенными по географическому признаку (как в таблице 3), по коэффициентам детерминации оказались достоверными на 95% уровне (таблица 5, первый ряд). Однако средние значения этого показателя фактически отличаются только у популяций из Крыма и Кавказа (0,39 и 0,41 соответственно) от всех остальных групп (0,21–0,23). Поэтому группировку популяций провели по признакам высоты над уровнем моря и степени проточности ме-

стообитаний. Выделены две пойменные группы популяций, различающиеся по высоте над уровнем моря, а также популяции из внепойменных местообитаний. Различия между ними по уровню связей морфологических признаков (определяемому по R^2_m) приведены во втором ряду таблицы 5, они достоверны на 99% уровне.

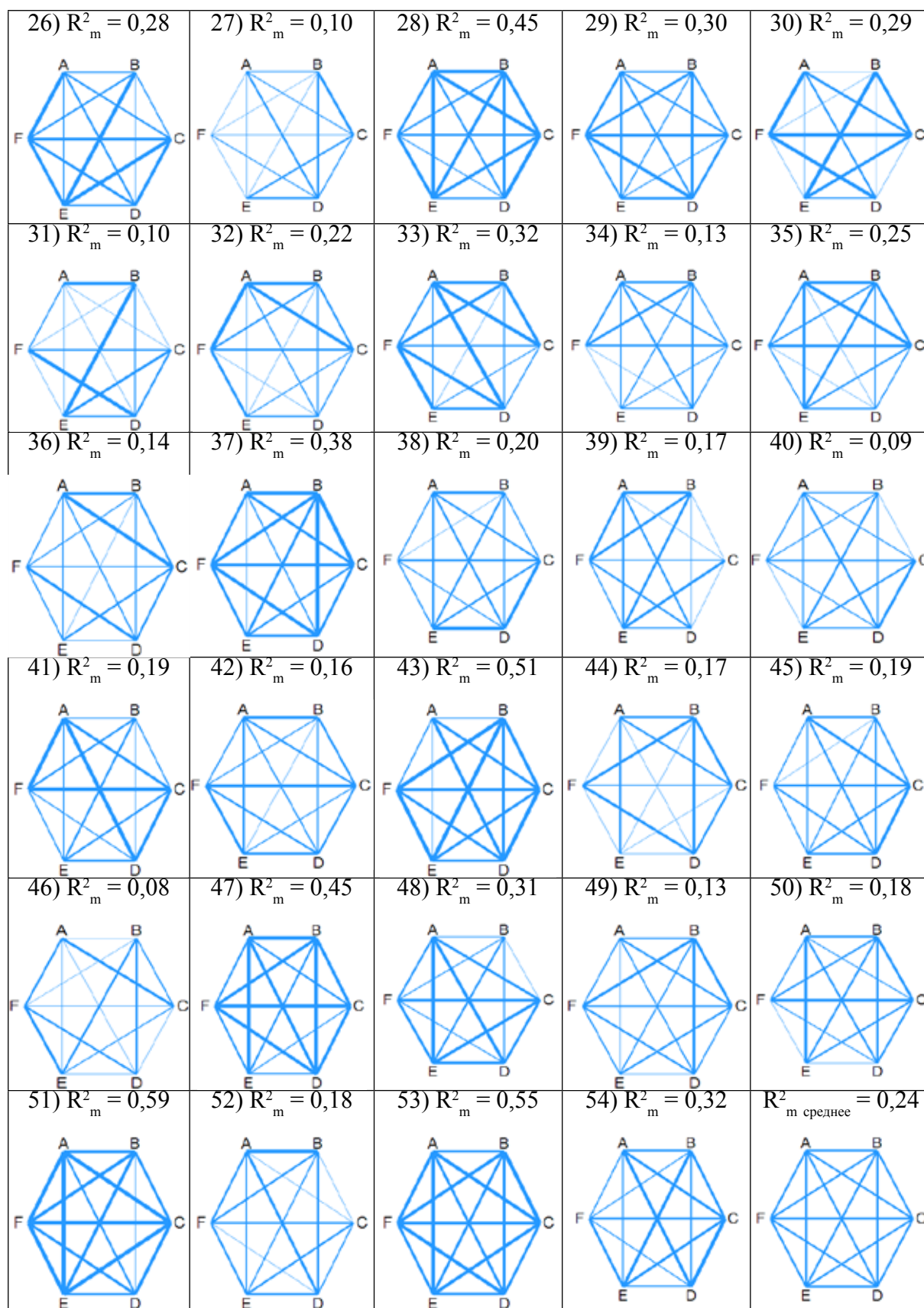
Для сравнения полученных корреляционных матриц (по группам популяций, приведенным во втором ряду таблицы 5) по структуре связей было проведено их z-преобразование по Фишеру. Оно проводится для приближения распределения коэффициентов корреляции к нормальному [14].



А – длина побега; В – толщина побега; С – длина междоузлия;

Д – длина листа; Е – ширина листа; F – длина черешка.

Рисунок 4. – Корреляционные связи между морфологическими признаками ивы пурпурной в популяциях № 1–25 (местонахождения популяций указаны в таблице 1)



А – длина побега; В – толщина побега; С – длина междоузлия;
 D – длина листа; Е – ширина листа; F – длина черешка.

Рисунок 5. – Корреляционные связи между морфологическими признаками ивы пурпурной в популяциях №26–54 и среднее по ареалу (местонахождения популяций указаны в таблице 1)

Таблица 5. – Средние значения коэффициентов детерминации R^2_m между морфологическими признаками ивы пурпурной (по группам популяций), $\bar{X} \pm s_x$

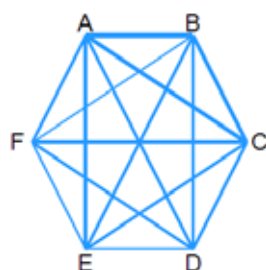
Украина и Россия N=23	Прибалтика и Беларусь N=19	Крым N=3	Карпаты N=5	Кавказ N=4	$F_{\text{выч}}$ ($F_{\text{кр}}=2,56$; $p<0,05$)
0,21±0,01	0,23±0,005	0,39±0,05	0,21±0,01	0,41±0,04	3,15
Пойменные местообитания, высота над уровнем моря			Внепойменные местообитания N=9	$F_{\text{выч}}$ $F_{\text{кр}}=5,06$ ($p<0,01$)	
Менее 300м N=39		Более 300 м N=6			
0.19±0.004		0.35±0.005			28.78

Коэффициент корреляции между z-преобразованными матрицами пойменных местообитаний выше и ниже 300 м над уровнем моря оказался очень высоким ($r = 0,90$), что говорит о сходных механизмах адаптации в этих условиях. Во внепойменных местообитаниях структура связей между морфологическими признаками ивы пурпурной отличается от остальных (таблица 6 и рисунок 6). В частности, ослабевают связи длины побега со всеми остальными признаками. Наоборот, усиливаются связи длины листа с его шириной, а также с длиной черешка и междоузлия, длины междоузлия с длиной черешка и шириной листа.

Таким образом, существование популяции в горах является одним из стрессовых факторов для ивы пурпурной, что выражается в увеличении степени скоррелированности морфологических признаков. Это заметно начиная с высот более 300 м, среднее значение коэффициентов детерминации R^2_m изменяется при этом с 0,19 до 0,41. Большое значение имеет также степень застойности почвенного увлажнения. Адаптационная нагрузка во внепойменных местообитаниях ивы пурпурной увеличивается, и, как следствие, уровень корреляций возрастает до 0,35. Структура связей между морфологическими признаками при этом резко изменяется.

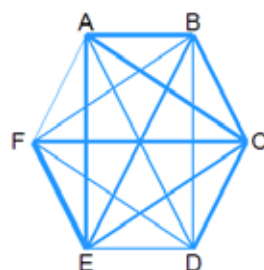
Таблица 6. – Коэффициенты корреляции между z-преобразованными корреляционными матрицами групп популяций ивы пурпурной

	Пойменные местообитания, высота над уровнем моря		Внепойменные местообитания
	менее 300 м	более 300 м	
Пойменные местообитания, высота над уровнем моря менее 300 м	1		
Пойменные местообитания, высота над уровнем моря более 300 м	0,90	1	
Внепойменные местообитания	-0,24	0,04	1

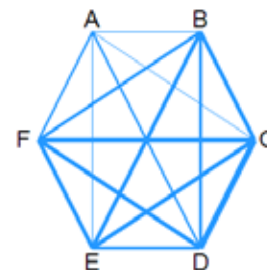


Пойменные местообитания:

Высота менее 300 м



Высота более 300 м



Внепойменные местообитания

A – длина побега; B – толщина побега; C – длина междоузлия;
D – длина листа; E – ширина листа; F – длина черешка.

Рисунок 6. – Корреляционные связи между морфологическими признаками ивы пурпурной в группах популяций

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Размеры листьев и побегов ивы пурпурной варьируют в широких пределах, но коэффициент вариации при этом, как правило, укладывается в интервал нормальной изменчивости ($C_v < 44\%$).

Морфологические признаки ивы пурпурной, произрастающей в разных частях ареала, достоверно различаются. Самые длинные и толстые побеги у растений из Закарпатской области, для них же характерны самые длинные листья и междоузлия. Самые короткие побеги у растений из Крыма. Длина междоузлий и размеры листьев у них также значительно меньше средних значений по ареалу. Популяции из Прибалтики сходны с популяциями из Украины по средним значениям морфологических признаков, отличаясь чуть меньшими размерами листьев.

Наиболее благоприятными условиями для роста ивы пурпурной следует считать пойменные местообитания с достаточно высокой проточностью увлажнения почвы, расположенные в местности с высотой над уровнем моря не более 300 м. В горах и в местообитаниях с застойной увлажненностью скоррелированность морфологических признаков ивы пурпурной увеличивается (коэффициент детерминации R^2_m изменяется от 0,1-0,2 в оптимальных местообитаниях до 0,4-0,5 и выше в экстремальных), что свидетельствует об увеличении адаптационной нагрузки на популяцию.

Выражаем искреннюю благодарность Бекоеву Давиду Хасбиевичу за организацию поездок в Южную Осетию.

SUMMARY

N. A. Kuzmichova, D. A. Kapustina
MORPHOLOGICAL VARIABILITY
OF PURPLE WILLOW LEAVES AND
SHOOTS (*SALIX PURPUREA* L. s.l.)

The article describes the results of studying morphological characteristics of purple willow leaves and shoots from 54 natural populations which are located on the territory with coordinates from 21 up to 44 degrees E and from 42 up to 57 N. Morphological characteristics of purple willow in different parts of the area reliably differentiate. Plants from Zakarpatskaya region have the longest and

the thickest shoots and they are also characterized by the longest leaves and internodes. Plants from the Crimea have the shortest sprouts and the smallest leaves. The most favorable conditions for purple willow growth are floodplain habitats with sufficiently high flowage of soil moistening located in the area of 300 m above sea level. Correlation of purple willow morphological characteristics increases in the mountains and in swampy habitats at the same time determination coefficient varies from 0,1-0,2 on the average in optimal habitats up to 0,4-0,6 in extreme habitats that testifies to an increase of adaptive load on populations and about appearance of group stress features.

Keywords: purple willow, *Salix purpurea* L., morphological characteristics, variability, adaptation, the height above sea level.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенов, В. И. Ивы (*Salix* L.) в Белоруссии: Таксономия, фитоценология, ресурсы / В. И. Парфенов, И. Ф. Мазан. – Минск: Наука и техника, 1986. – 167 с.
2. Государственная фармакопея Республики Беларусь (ГФ РБ II): Разработана на основе Европейской фармакопеи. В 2 т. Т. 2. Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. С. И. Марченко. – 2-е изд. – Молодечно: Тип. «Победа», 2016. – 1368 с.
3. Химическое изучение побегов ивы пурпурной (*Salix purpurea* L.) и определение противовоспалительной активности их водного извлечения [Электронный ресурс] / О. О. Фролова [и др.] / Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view>. – Дата доступа: 22.04.2018.
4. Насонов, Е. Л. Применение нестероидных противовоспалительных препаратов и ингибиторов циклооксигеназы-2 в начале XXI века // Рос. мед. журн. – 2003. – Т. 11, № 7. – С. 375–379.
5. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. Семейства Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae /

отв. ред. А. Л. Буданцев // СПб; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. – С. 84.

6. Кузьмичева, Н. А. Корреляционные связи между морфологическими показателями и содержанием флавоноидов в листьях ивы остролистной и ивы трехтычинковой / Н. А. Кузьмичева // 40 лет фармацевтическому факультету. Сборник научных трудов. – Витебск, 1999. – С. 115–126.

7. Бузук, Г. Н. Морфометрия лекарственных растений. 2. *Vaccinium myrtillus* L. Взаимосвязь морфологических признаков и химического состава / Г. Н. Бузук, Н. А. Кузьмичева, А. В. Руденко // Вестник фармации. – 2007. – № 1. – С. 26–37.

8. Скворцов, А. К. Ивы СССР / А. К. Скворцов. – М.: Наука, 1968. – С. 226–228.

9. Валягина-Малютина, Е. Т. Ивы Европейской части России / Е. Т. Валягина-Малютина. М.: Тов. науч. изд. КМК, 2004. – 217 с.

10. Логинова, Л. А. Продуктивность и энергетический потенциал ивовых ценозов на примере Воронежской области: дис. ... к.б.н.: 03.02.08 / Л. А. Логинова. – Воронеж. – 2010. – 148 с.

11. Бородина, Н. В. Сравнительный анализ фенольных соединений побегов *Salix caprea* L., *S. purpurea* L. и *S. viminalis* L. флоры Украины / Н. В. Бородина, В. Н. Ковалев // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты. Сборник материалов IX Международного симпозиума. – Москва, 20–25 апреля 2015 г. /

отв. ред. Н. В. Загоскина. – М.: ИФР РАН, 2015. – С. 27–33.

12. Карта для определения высоты местности и профиля высот с учетом кривизны земли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://22dx.ru/online/karta-vysot/>. – Дата доступа: 27.08.2018.

13. Зайцев, Г. В. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. В. Зайцев. – М., 1973. – 256 с.

14. Ростова, Н. С. Корреляции: структура и изменчивость / Н. С. Ростова. – СПб, 2002. – 303 с.

15. Кузьмичева, Н. А. Таксономическая значимость морфологических признаков листа и побега восточноевропейских видов ив / Н. А. Кузьмичева // Вестник фармации. – 2008. – № 4. – С. 12–22.

16. Разжевайкин, В. Н. Модельное обоснование корреляционной адаптометрии с применением методов эволюционной оптимальности / В. Н. Разжевайкин, М. И. Шпитонков // Журнал вычислительной математики и вычислительной физики. – 2003. – Т. 43, № 2. – С. 308–320.

Адрес для корреспонденции:

210023, Республика Беларусь,
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,
УО «Витебский государственный ордена
Дружбы народов медицинский университет»,
кафедра фармакогнозии с курсом ФПК и ПК,
тел. раб.: 8 (0212) 64-81-78,
e-mail: kuzm_n-a@mail.ru,
Кузьмичева Н.А.

Поступила 04.12.2018 г.

Р. А. Бубенчиков¹, Д. В. Моисеев², Е. А. Богачева¹

**ИЗУЧЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ТРАВЫ МАРЬЯННИКА
СЕРЕБРИСТОПРИЦВЕТНИКОВОГО
(*MELAMPYRUM ARGYROCOMUM* FISCH. EX LEBED)**

**¹Курский государственный медицинский университет,
г. Курск, Российская Федерация**

²Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет

Статья посвящена одной из актуальных проблем здравоохранения – расширению сырьевой базы лекарственного растительного сырья. В качестве объекта исследования выбрана трава марьянника серебристоприцветникового (*Melampyrum argyrocomum* Fisch. ex Lebed), семейства Норичниковые (*Scrophulariaceae*), широко произрастающего в черноземной полосе России наряду с марьянником полевым. Однако химический состав травы марьянника серебристоприцветникового, в отличие от марьянника полевого,

Рисунок к статье Н. А. Кузьмичевой, Д. А. Капустиной
«Морфологическая изменчивость листьев и побегов ивы пурпурной
(*Salix Purpurea* L. s.l.)» (С. 9–23)



Рисунок 1. – Местонахождения изученных популяций ивы пурпурной на карте